

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАТОПЛЕННОЙ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ И ОЦЕНКА ЕЕ ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ В БОГУЧАНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ\*

© 2012 г. Л.В. Карпенко

*Институт леса им. В.Н.Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук,  
г. Красноярск*

**Ключевые слова:** Богучанское водохранилище, болота, торфяная залежь, источники загрязнения, органические вещества, прогноз, качество воды, экологические последствия.



Проведена оценка влияния затопленной торфяной залежи в ложе Богучанского водохранилища на качество воды. Дается характеристика затопляемых болот и торфяных залежей, их физико-химических свойств. Подсчитаны запасы органического вещества, азота и микроэлементов в прогнозируемой к всплыванию торфяной залежи, рассматривается их влияние на качество воды в проектируемом водохранилище. Делается вывод о необходимости мониторинга затопленных гидроморфных экосистем в процессе эксплуатации водохранилища.

При создании крупных водохранилищ обязательным условием является подготовка его ложа. Однако, несмотря на то, что Богучанская ГЭС строится уже более 30 лет, ложе водохранилища плохо подготовлено к затоплению. По прогнозу из-за трудностей с лесосводкой и лесоочисткой под воду уйдут от 2 до 10 млн м<sup>3</sup> древесно-кустарниковой растительности [1]. Другими источниками поступления органических веществ в водохранилище будут являться затопленная почва (почвенная подстилка и гумус почв), размыв берегов, разрушающиеся на берегах Ангары бесхозные строения, животноводческие фермы, склады ГСМ, ремонтные мастерские и т. д. На экологическое состояние водохранилища будут влиять затопленные болота, расположенные по долинам крупных притоков Ангары – реках Кове, Кате, Немниге, Народимой, Муньджи и др. К сожалению, очистка ложа Богучанского водохранилища от торфа невозможна из-за удаленности крупных торфяных месторождений от населенных пунктов, отсутствия дорог и инфраструктуры по добыче и переработке торфа.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект СО РАН № 26.2).

Водное хозяйство России № 2, 2012

# Водное хозяйство России

Прогнозируется, что основным источником загрязнения воды органическими веществами будет подрост древесных пород (22,9 %) и гумус почв (20,57 %). Доля торфа (1299 тыс. т) в общем объеме органических веществ составит 11,6 % от всех ресурсов органических веществ [2].

Целью работы является оценка влияния затопленной торфяной залежи на качество воды в Богучанском водохранилище, исключая другие источники поступления органических веществ (приток не соответствующих гигиеническим нормативам вод из выше расположенных Ангарских водохранилищ, гниение затопленной древесины, корней деревьев и кустарников, почвенной подстилки и др.).

По прогнозу при затоплении болот в долине р. Ангары может всплыть от 2 до 3 млн м<sup>3</sup> торфа [1, 3]. Это приведет к загрязнению водохранилища торфяной крошкой, увеличению концентрации взвешенных веществ, и, как результат, к значительному загрязнению воды органическими веществами. Примером может служить создание Зейского водохранилища, на котором надземная масса всплыла вместе с торфом одновременно с наполнением водохранилища. При этом образовались дрейфующие торфяные сплавины мощностью 1,5–2,0 м и площадью 2–3 га. Кроме того было установлено, что количество водорастворимых органических веществ, поступающих из почвенных и болотных вод, а также из почвы, торфа, сапропеля превышали содержание этих веществ, поступающих из затопленной древесно-кустарниковой растительности, почти в 9 раз [4].

#### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследований являлись болота и заболоченные земли в акватории будущего водохранилища. Неоднородность физико-географических условий зоны затопления (строение поверхности, климат, почвы и др.) наложили отпечаток на степень заболоченности в долине р. Ангары, характер растительности болот и стратиграфию торфяных залежей.

Общая площадь болот в зоне затопления составляет 9,5 тыс. га с запасами торфа 86,6 млн м<sup>3</sup> [1]. Площадь отдельных болотных массивов колеблется от 98,0 до 2035,0 га, преимущественно же они варьируют от 98,0 до 230,0 га. Средняя мощность торфяных залежей находится в пределах от 0,8 до 1,7 м. Большая часть болот низинного (эвтрофного) типа. Площадь переходных и верховых болот невелика, они встречаются среди низинных болот на склонах террас р. Ангары и водоразделах. При этом полевыми исследованиями разведано всего 50 % болот с торфяной залежью и 30 % – заболоченных участков, остальные выявлены методом аналогий. Поэтому в связи с отсутствием полных данных о болотах зоны затопления, невозможно дать качественный и достоверный прогноз площадей и объемов возможного

всплывания торфяной залежи, корректно прогнозировать влияние всплывшего и полузатопленного торфа на качество воды будущего водохранилища.

Экстракция биогенных элементов из торфа в воду зависит от типа и вида залежи и ее общетехнических свойств (степени разложения, зольности, влажности), а также от группового состава органического вещества торфа. Для прогноза качества воды важны также сведения о кислотности затопляемого торфа, сохранении в нем валовых и подвижных форм макро- (N, P, K) и микроэлементов.

Для определения качественного состава торфа были сделаны ботанический и физико-химический анализы по методикам, применяемым в болотоведении. Фракционный состав гумуса определен Л.Р. Мукиной в испытательной лаборатории эколого-мелиоративных проблем ОАО «Сибирский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (ОАО «СибНИИ-ГиМ») (г. Красноярск). Ею же исследовано содержание валовых и подвижных форм микроэлементов в торфах на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ELAN 9000 (фирмы Perkin Elmer) в аналитической лаборатории Красноярского научно-исследовательского Института геологии и минерального сырья (КНИИГиМС). Расчет запасов углерода, азота и микроэлементов в затопленной торфяной залежи произведен по методикам [5, 6].

### Результаты и их обсуждение

*Характеристика торфяных залежей.* Стратиграфия болот зоны затопления на 80 % образована низинной залежью, которая имеет следующие виды строения: лесная, древесно-осоковая, лесо-топяная, осоковая, осоково-гипновая. В образовании торфяной залежи этого типа принимают участие следующие виды торфа: древесный, древесно-травяной, древесно-гипновый, осоковый, осоково-гипновый, осоково-сфагновый, гипновый. Показатели общетехнических свойств имеют большую амплитуду колебаний как в слоях, так и в средних значениях. Средние показатели торфяной залежи с зольностью до 35,0 %: степень разложения – от 12,0 до 40,0 %; зольность – от 11,0 до 19,0 %; естественная влажность – от 83,0 до 93,2 %.

Залежи переходного и верхового типа не имеют широкого распространения и составляют, соответственно, 12 и 8 %. Верхняя часть переходной залежи (0,5 м) сложена, как правило, медиум-торфом, нижние слои образованы переходным гипновым и осоково-сфагновым торфами. Средние показатели общетехнических свойств переходной залежи: степень разложения – 29,0 %, зольность – 11,0 %, естественная влажность – 88,9 %.

Торфяная залежь верхового типа имеет два вида строения: фускум и мочажинную. Фускум залежь от поверхности на всю глубину сложена фускум торфом. Верхняя часть мочажинной залежи образована медиум торфом, нижерасположенные слои торфа сложены сфагновым и осоково-сфагновым

торфами. Средние показатели общетехнических свойств залежи следующие: степень разложения – 15,0 %, зольность – 4,0 %, влажность – 92,0 %. Поверхностные слои торфа 0,5–0,75 см характеризуются малой степенью разложения, величина которой варьирует от 5,0 до 10,0 %.

Кроме болот, водохранилищем будут затоплены более 50 заболоченных участков. Их общая площадь 2573 га, в т. ч. разведанных в натуре всего 594 га, камерально выявленных 1979 га. Мощность торфа на таких участках колеблется от 0,1 до 0,7 м, чаще она варьирует от 0,3 до 0,6 м. Залежи относятся к лесо-топяному и топяному подтипам и слагаются лесным, древесно-осоковым и осоковым видами торфа. Степень разложения торфа варьирует в широких пределах от 5,0 до 52,0 %. Под торфом нередко органоминеральные (преимущественно илистые) отложения, мощность которых 0,4–0,7 м. Для них характерна очень высокая величина зольности (63,0–75,0 %), связанная с наличием минеральных примесей и наносного материала. Встречаются также сапрпель мощностью 0,5–1,0 м, водные прослойки и линзы разжиженного торфа мощностью 0,25–0,5 м.

*Реакция среды.* Реакция почвенного раствора болот колеблется в пределах 5,6–6,0 и оценивается как нейтральная, что связано с высоким содержанием кальция и магния в почвообразующих породах и водах, питающих болотные массивы.

*Групповой состав органического вещества.* Торф лесных, лесо-топяных и топяных (травяных) групп низинного типа наиболее хорошо гумифицирован – содержание гумусовых веществ в нем достигает 40–50 % с преобладанием гуминовых кислот. В других группах торфов (например, моховых) содержание гумифицированных веществ снижается до 10–20 % с увеличением относительного содержания в них фульвокислот. Соотношение C:N в исследованных торфах варьирует от 35:1 до 44:1. Этот показатель с глубиной увеличивается, что свидетельствует о низкой биохимической активности торфов и замедленном его разложении. Количество подвижного органического вещества (растворимого в 0,1 N NaOH) составляет 2,5–6,1 % от общих запасов, из которых 80 % приходится на фульвокислоты.

*Макроэлементы.* Торфа различных типов болот зоны затопления значительно отличаются по содержанию кальция, магния, калия, фосфора и других химических элементов. Например, торфяная залежь низинных болот, слагающая пойменные болота и болота первых надпойменных террас, характеризуются высоким содержанием обменных кальция (74,0–84,0 и 82,0–90,0, соответственно) и магния (18,0–23,0 и 12,0–16,0 мг-экв/100 г почвы, соответственно). Залежь переходных болот, в зависимости от геоморфологического положения, отличается значительным варьированием по содержанию кальция (8,0–79,0) и магния (4,0–80,0 мг-экв/100 г почвы).

Валовое содержание азота, фосфора и калия в торфах определяется условиями их генезиса. Химический анализ торфа показал, что содержание валовых форм азота и фосфора в верхних горизонтах торфяных почв высокое, а калия – низкое. Содержание азота вниз по профилю закономерно падает, что свидетельствует о биогенном накоплении этого элемента. Содержание фосфора и особенно калия вниз по профилю возрастает более чем в 5 раз.

Минеральные формы азота  $N-NH_4$  и  $N-NO_3$  составляют всего 0,5–3,0 мг/100 г почвы. Сумма подвижных форм нитратного и аммиачного азота по отношению к валовому количеству минимальна и составляет всего 0,015–0,026 %. Поэтому вероятность высокого поступления доступного азота в водную среду без дополнительного биохимического высвобождения в первые годы затопления торфяной залежи не высока. Сумма подвижных форм фосфора выше и она варьирует в пределах 0,1–3,6 %, что объясняется повышенным количеством органофосфатов в болотах. Сумма подвижных форм калия высокая 1,9–8,5 %, что связано с высоким содержанием обменных кальция и магния, являющимися более активными и вытесняющими калий из почвенно-поглощающего комплекса.

*Микроэлементы и тяжелые металлы.* Торф прогнозируемых к затоплению болот, в целом, характеризуется как «экологически чистый», т. к. содержание Co, Ni, Cu, Zn, Pb не превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). Исключение составляют четыре микроэлемента, концентрации которых выше ПДК: марганец в 1,5–3,8 раз, кадмий – 10–16 раз, хром – 2,2–8,3 раза и стронций, который относится к третьему классу опасности. Так как данных о ПДК стронция в почве нет, сравнивается его содержание в торфах с кларком, который равен 300 мг/кг. По данным химического анализа в торфах пойменных и долинно-балочных болот превышение концентрации стронция над кларком составляет 3,6–15,5 раз, а в торфах низинных болот первых надпойменных террас это превышение составляет 4–7 раз.

*Влияние затопленной торфяной залежи на качество воды.* В торфяной залежи в естественных условиях всегда обитают микроорганизмы (МО) – бактерии, дрожжи, грибки. Доступ кислорода в верхние слои залежи до 1,5 м способствует доминированию МО аэробных форм. В затопленном торфе газообразование вызывается, главным образом, жизнедеятельностью анаэробных МО (метанобразующих, маслянокислых, денитрифицирующих, сернистых бактерий). Для развития анаэробных микробиологических процессов требуется присутствие легкосбраживаемых углеводов. Биополимеры, из которых состоит торф, в первую очередь клетчатка, разлагаются анаэробной микрофлорой до простых углеводов, органических и аминокислот. Разложение этих соединений по типу маслянокислого или смешанного брожения приводит к образованию водорода и углекислоты, которые

используются водородными метанобразующими бактериями [7]. Установлено, что наибольшие концентрации метана отмечаются в придонных слоях торфяной залежи, т. к. здесь менее кислая среда и высокая степень разложения торфа. В некоторых же случаях образуется сероводород [8].

На созданных ранее Горьковском и Хантайском водохранилищах было установлено, что из затопленной лесо-топяной залежи средней и повышенной степени разложения при температуре воды 18–20 °С за сутки выделяется 25–90 тыс. л газа с одного га, в т. ч. метана – 20–60 % (в приближенном подсчете 15–18 тыс. л), углекислого газа – до 30 % (7,5–9,0 тыс. л) и др. Из затопленной низинной топяной и осоковой залежей малой и средней степени разложения выделяется за сутки 30–40 тыс. л газа с одного га, в т. ч. метана – 10 % (3–4 тыс. л), углекислого газа – 60 % (18–24 тыс. л), окиси углерода – 30 % (9–12 тыс. л) [9–11].

По прогнозу всплывший торф и другая органическая масса (корни деревьев и кустарников, древесина, подстилка и дернина) будут накапливаться на мелководье и в заливах рек Ковы, Коды, Немниги и др. Именно здесь будут формироваться бескислородные и сероводородные зоны. Прогнозируется, что в период наполнения водохранилища и первый год его существования дефицит кислорода будет более существенным, чем в последующие годы.

Аналогом Богучанского водохранилища из-за территориальной близости и сходства природно-климатических условий является Усть-Илимское водохранилище. Несмотря на то что это водохранилище было создано около 35 лет назад и в зоне его затопления отсутствуют болота, до сих пор в заливах и на мелководье происходит аккумуляция всплывшей органики, а в его проточной части в составе органической массы преобладает крупный плавник и полузатопленный лес, все еще прикрепленный к почве (рис. 1, 2).

При контакте торфа с водой будет активизироваться целый комплекс процессов, влияющих как на состав торфа, так и на состав воды. Степень воздействия определяется видом торфов, слагающих верхние слои залежи. При затоплении верховых торфов будет происходить поглощение катионов кальция из речной воды и выделение ионов водорода, что вызовет подкисление воды водохранилища, а это, в свою очередь, ухудшит его экологические условия. В воду водохранилища при гниении торфа будут выделяться фенолы, вновь образованные гуминовые кислоты, смолы и другие соединения. В торфе содержание фенолов выше, чем в древесине, более чем в 100 раз. При окислении фенольных соединений образуются хиноны, оксихиноны, из которых образуются карбоновые и гуминовые кислоты. В болотных водах содержится 60–65 % агрессивных фракций гуминовых и фульвокислот, которые будут легко экстрагироваться водой водохранилища.



Рис. 1. Всплывшая органика и цветущая вода в непроточном заливе Усть-Илимского водохранилища.



Рис. 2. Общий вид проточной части Усть-Илимского водохранилища.

**Таблица 1.** Запасы углерода и валового азота в прогнозируемой к всплыванию торфяной залежи по периодам эксплуатации Богучанского водохранилища

Параметры	В период наполнения водохранилища	В первое пятилетие			Во второе пятилетие	В третье пятилетие	В четвертое пятилетие	Всего по водохранилищу	
		Общие	В первый год	Через 2–4 года					Через 4–5 лет
Площадь, га	205	161	91,9	40,7	28	81	65	40,4	552
Запасы углерода, т/га	232 975,1	182 515,9	104 441,0	46 254,0	31 820,9	92 053,5	73 870,1	45 913,1	627 327,7
Запасы азота, т/га	8753,7	6857,7	3924,2	1737,9	1195,6	3458,8	2775,5	1725,1	23 570,8

Нами были подсчитаны запасы органического вещества и валового азота (т/га) в прогнозируемой к всплыванию торфяной залежи по периодам эксплуатации Богучанского водохранилища (табл. 1). По прогнозу, в период наполнения водохранилища произойдет образование сплавин и торфяных островов общей площадью 205 га с запасом углерода в них около 232 975 т и азота – 8753 т. Наибольшее поступление этих веществ в воду будет наблюдаться в первый год после затопления болот, а в последующие годы количество углерода и азота будет уменьшаться в связи с постепенным сокращением всплывания торфа, особенно в транзитной части водохранилища.

В мелководных заливах неблагоприятная обстановка будет сохраняться дольше, т. к. в придонной части водохранилища произойдет накопление торфяной крошки и разложение органического вещества будет продолжаться. Из затопленного торфа в воду водохранилища будет поступать также значительное количество железа, т. к. залежь заболоченных участков и низинных болот обогащена его окислами.

Болотные воды характеризуются содержанием большого количества гумусовых веществ (ГВ) специфической природы: фульвокислот и гуминовых кислот.

Фульвокислоты хорошо растворяются в воде, а гуминовые кислоты обладают высокой способностью к комплексообразованию. Учитывая высокую загрязненность вод Ангары и ее притоков, прогнозируется образование комплексов гуминовых кислот с тяжелыми металлами, часть которых относится к канцерогенным веществам. Определив содержание тяжелых металлов в торфах зоны затопления, нами были подсчитаны их запасы в тоннах на прогнозируемый к всплыванию объем торфа (табл. 2). Из таблицы следует, что наибольшее количество микроэлементов будет экстрагировано во-



Таблица 2. Запасы микроэлементов (в т) в торфяных зонах затопления по периодам на прогнозируемый к всплыванию объем торфа

Периоды всплывания	Объем торфа, тыс. м <sup>3</sup>	Наименование микроэлемента													
		Средневзвешенное содержание валовых форм микроэлементов в торфах болотной зоны затопления, мг/кг													
		Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Ni	Cr	Mn	Sr					
В период наполнения	1063	2,33	3,93	0,85	0,53	1,60	3,51	5,10	157,30	130,10					
<b>По годам</b>															
В первый год	1279	2,81	4,73	1,02	0,64	1,92	4,22	6,14	189,23	156,55					
Через 2–4 года	551	1,21	2,04	0,44	0,27	0,82	1,81	2,64	81,54	67,44					
Через 4–5 лет	235	0,51	0,86	0,18	0,11	0,35	0,77	1,12	34,78	28,76					
<b>По пятилетиям</b>															
В первое пятилетие	2065	4,53	7,67	1,65	1,03	3,10	6,81	9,91	305,62	252,76					
Во второе пятилетие	596	1,31	2,20	0,48	0,30	0,89	1,97	2,86	88,21	72,95					
В третье пятилетие	459	1,00	1,69	0,37	0,22	0,68	1,51	2,20	67,93	56,18					
В четвертое пятилетие	273	0,60	1,01	0,22	0,13	0,40	0,90	1,31	40,40	33,40					
<b>Всего</b>															
Всего по водохранилищу	4456	9,81	16,51	3,57	2,23	6,69	14,72	21,41	660,23	546,03					

дой в период наполнения водохранилища и в первое пятилетие его эксплуатации. При этом обращают на себя внимание довольно высокие величины поступления в воду марганца и стронция, влияние которых мало исследовано. Всего в водохранилище при всплывании торфа объемом 4456 тыс. м<sup>3</sup> поступит около 1280 т тяжелых металлов.

В заключение необходимо отметить, что Богучанское водохранилище создается на реке с очень высоким уровнем загрязнения [12]. Водохранилище будет служить приемником сточных вод выше расположенных Братского и Усть-Илимского водохранилищ, воды которого несут множество разнообразных загрязняющих веществ, в т. ч. токсичных. Например, в воде Братского водохранилища после его зарегулирования содержание хлоридов увеличилось в 5–9 раз, произошло нарастание концентрации сульфатов, увеличилось содержание биогенных соединений и тяжелых металлов, в донных осадках концентрация меди и цинка превышает ПДК [13].

Известно, что качество воды в водохранилище зависит от количества и вида поступающих загрязняющих веществ и способности органических веществ экстрагироваться из них при затоплении. Так как лесосводка, лесочистка, добыча и вывоз торфа из зоны затопления и другие мероприятия, способствующие снизить экологический ущерб, не были проведены, дать точный прогноз влияния этих органических веществ на качество воды проблематично. Однако можно с уверенностью прогнозировать, что торфяная залежь затопленных болот, общая площадь которых в акватории водохранилища к тому же неизвестна, на протяжении более 20 лет будет являться постоянным поставщиком биогенных веществ, фенолов, аммонийного азота, фосфора, микроэлементов и других загрязняющих веществ.

Для снижения негативных последствий влияния затопленного торфа на качество воды в водохранилище необходимо создать службу экологического мониторинга для обеспечения информацией соответствующих служб Рослесхоза и Минприроды России о состоянии болотных экосистем для минимизации отрицательных последствий на окружающую среду. Основными задачами мониторинга гидроморфных экосистем должны быть организация регулярных наблюдений за затопленной торфяной залежью, прогноз и оценка всплывания торфа по мере заполнения водохранилища, разработка рекомендаций по утилизации торфяных островов.

Мониторинг затопленных болот должен быть направлен на: 1) своевременное обнаружение неблагоприятных изменений, происходящих в торфяной залежи, и 2) контроль над ее состоянием для проведения регулирующих мероприятий.

Обязательные параметры для мониторинговых наблюдений торфяных почв: наличие водных прослоек и линз разжиженного торфа; температура и влажность торфа на различных глубинах; содержание и эмиссия метана и

других газов в затопленной залежи; ботанический состав, зольность и степень разложения торфа; обменная и гидролитическая кислотность; сумма поглощенных оснований; аммонийный и нитратный азот; подвижные формы фосфора, калия, железа; обменный кальций и обменный магний; химический состав золы; органическое вещество торфа, общий выход гуминовых кислот.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко Л.В. Прогноз экологически опасных явлений в акватории Богучанского водохранилища при затоплении болот // География и природные ресурсы. 2009. № 2. С. 33–37.
2. Уточненный прогноз всплывания торфа в Богучанском водохранилище. Кн. 1 // Отчет о выполнении договорных работ. Горький. 1984. 58 с.
3. Карпенко Л.В. Причина и прогноз всплывания торфа в Богучанском водохранилище // Водное хозяйство России. 2010. № 6. С. 48–57.
4. Савченко И.Ф. Экологическая оценка мероприятий по лесосводке и лесочистке зоны затопления Бурейской ГЭС. Благовещенск. 1998. 80 с.
5. Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: ИЛ СО РАН, 1994. 170 с.
6. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Меленьева Н.В. Азот в болотах России // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1070–1081.
7. Glagolev M., Inisheva L., Lebedev V., Naumov A., Dementeva T., Golovatskaja E., Erohin V., Shnyrev N., Nozhevnikova A. The emission of CO<sup>2</sup> and CH<sup>4</sup> in geochemical similar oligotrophic landscape of West Siberia // Ninth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 2000. Sapporo: Kohsoku P-Center, 2001. P. 112–119.
8. Сергеева М.А. Торфогенез и эмиссия углекислого газа в олиготрофных торфяных залежах // Болота и биосфера. Томск. 2005. С. 263–269.
9. Молкин Г.С. О всплывании торфа на Верхнесви́рском водохранилище // Болота и болотные ягодники. Труды Дарвинск. гос. заповед. Вып. XV. Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1979. С. 111–117.
10. Денисенков В.П. Изменение некоторых свойств торфа под влиянием периодического затопления водами Рыбинского водохранилища // Болота и болотные ягодники. Труды Дарвинск. гос. заповед. Вып. XV. Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1979. С. 105–110.
11. Прейс А.А. Всплывание торфа на Хантайском водохранилище в первые годы его существования // Болота и болотные ягодники. Труды Дарвинск. гос. заповед. Вып. XV. Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1979. С. 118–124.
12. Корытный Л.М., Безруков Л.А., Турушина Л.А. Экологические и социально-экономические последствия создания водохранилища Богучанской ГЭС. Режим доступа: <http://www.mbu.ru/add/boguchan/posledstviya/3.htm>.
13. Карнаухова Г.А. Эколого-гидрохимическое состояние воды Братского водохранилища // География и природные ресурсы. 1997. № 3. С. 66–74.

#### Сведения об авторе:

Карпенко Людмила Васильевна, к. б. н., доцент, старший научный сотрудник, лаборатория лесной фитоценологии, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, строение 28; e-mail: karp@ksc.krasn.ru